

投喂策略对多纹钱蝶鱼幼鱼生长的影响

李 琪^{1,2}, 刘鉴毅^{1,2,3}, 孙艳秋^{1,2}, 邹 雄^{1,2}, 王 好^{1,2}, 庄 平^{1,2,3},
冯广朋^{1,2,3}, 赵 峰^{1,2}, 黄晓荣^{1,2}, 杨 俊^{1,2}

(1. 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 上海 200090; 2. 水产科学国家级实验教学示范中心, 上海海洋大学, 上海 201306; 3. 农业农村部 东海与长江口渔业资源环境科学观测实验站, 上海 200090)

摘要: 为研究投喂策略对多纹钱蝶鱼(*Selenotoca multifasciata*)幼鱼生长的影响, 实验选取初始湿体质量为 1.19 ± 0.35 g 的多纹钱蝶鱼幼鱼进行养殖, 实验为期 60 d。1) 投喂频率实验: 实验设计 4 组, 分别为 F1(8:00 投喂 1 次), F2(8:00、20:00 投喂 2 次), F3(8:00、14:00、20:00 投喂 3 次), F4(8:00、12:00、16:00、20:00 投喂 4 次), 每组随机放 80 尾实验鱼, 各 2 个平行, 观察多纹钱蝶鱼幼鱼生长及饲料利用情况, 结果显示: 各组终末湿体质量、增重率、特定生长率、摄食率、肥满度均随投喂频率增加呈先上升后降低的趋势, F2 与 F3 无显著差异($P>0.05$), F1 与 F4 无显著差异($P>0.05$)。F4 组存活率与其他组差异显著($P<0.05$), F1 组增重率显著低于其他组($P<0.05$), 特定生长率最高的 F2 组与 F1、F4 组差异显著($P<0.05$), 最低的 F1 组与其他组差异均显著($P<0.05$), 4 种投喂频率对摄食率、肥满度、饲料系数及蛋白质效率没有显著影响($P>0.05$)。2) 投喂水平实验: 实验设计 5 组, 分别为 T0(对照组, 每天饱食投喂 2 次), T1(每天投喂鱼湿体质量 2%), T2(每天投喂鱼湿体质量 4%), T3(每天投喂鱼湿体质量 6%), T4(每天投喂鱼湿体质量 8%)。每组随机放 80 尾实验鱼, 设置 2 个平行, 观察多纹钱蝶鱼幼鱼生长及饲料利用情况, 结果显示: 终末湿体质量、增重率、特定生长率、摄食率、肥满度均随投喂水平的升高而升高, T1、T2、T3、T4 组终末湿体质量、增重率、特定生长率有显著差异($P<0.05$), 而 T4 组与对照组在终末湿体质量、增重率和特定生长率方面无显著差异($P>0.05$), 各实验组的存活率无明显差异, T0、T3、T4 组摄食率与其他 2 组差异显著($P<0.05$), 而 T0、T3、T4 组间无显著差异($P>0.05$), T1、T2 组肥满度显著低于对照组($P<0.05$), T1 组饲料系数和蛋白质效率与其他组有显著差异($P<0.05$), 其他组间差异不显著($P>0.05$)。综合考虑上述指标和养殖成本, 本实验中多纹钱蝶鱼的适宜投喂频率为 $2 \text{ 次} \cdot \text{d}^{-1}$, 投喂水平为 6%~8%, 可提高经济效益和生态效益。

关键词: 多纹钱蝶鱼(*Selenotoca multifasciata*); 投喂策略; 生长; 饲料利用

中图分类号: S963.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2022)03-0093-10

DOI: 10.11759/hyxx20210421002

摄食是鱼类获得能量的基础, 能直接影响鱼类的生长发育。水产养殖中投喂不当不仅造成饵料和劳动力的浪费, 更会加重水质污染, 造成不必要的损失。由投喂频率、投喂水平(或投饲率)和投饲方式等环节组成的投喂策略在鱼类人工养殖过程中发挥着重要作用^[1]。养殖过程中, 低投喂频率不能满足鱼类的生长需求, 造成鱼类摄食不足, 个体规格分化严重, 并影响鱼类生长和发育^[2-3]; 高投喂频率会使养殖成本过高, 不利于鱼类的生长, 可能会造成内脏受损, 降低对饲料的消化吸收能力, 易引起水体环境污染^[4]。投喂水平对鱼类生长、机体组成及饲料利用均有影响, 因此为了降低个体生长差异, 提高饲料利用率和养殖经济效益, 需要制定适

宜的投喂策略。

有关鱼类投喂频率和投喂水平影响生长和摄食的研究报道很多, 如李卓钦等^[5]研究了投喂频率对斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)幼鱼生长的影响, 为本实验提供了生长性能指标计算方法; 杨育凯

收稿日期: 2021-04-21; 修回日期: 2021-08-10

基金项目: 国家重点研发计划(2019YFD0900405); 中央基本科研业务费重点项目计划(2019Z01)

[Foundation: National key R & D Program of China, No. 2019YFD0900405; Central Key Projects Plan of Basic Scientific Research Business Expenses, No. 2019Z01]

作者简介: 李琪(1996—), 女, 山东淄博人, 硕士研究生, 研究方向: 海洋鱼类生理生态学, 电话: 15866327886, E-mail: kikkiki@163.com; 刘鉴毅(1965—), 通信作者, 博士, 教授, 主要从事珍稀濒危水生动物保护及水产生态养殖研究, 电话: 15900918585, E-mail: liujy@ccsf.ac.cn

等^[6]设置了 5 个不同投喂频率研究了对黄斑蓝子鱼(*Siganus oramin*)生长的影响, 并指出投喂 3 次·d⁻¹最适宜; 张金彪等^[7]研究了不同投喂频率对河蟹(*Eriocheir sinensis*)生长性能的影响, 结合经济效益得出最适投喂频率为 2 次·d⁻¹; 仇登高等^[8]研究了投喂频率对流水养殖鞍带石斑鱼(*Epinephelus lanceolatus*)生长的影响, 得出适宜投喂频率为 1 次·d⁻¹或 0.5 次·d⁻¹; 刘康等^[9]、刘变枝等^[10]研究了投喂水平对长吻鲩(*Leiocassis longirostris*)生长影响, 并综合各生长和摄食指标得出最佳投喂水平; 史则超等^[11]设置 6 个投喂水平研究了不同投喂率对南方鲇(*Silurus asotus*)稚鱼生长和存活率的影响, 每组特定生长率和存活率均有差异; 徐革锋等^[12]设置了 5 个投喂水平, 探究了不同投喂率对细鳞鲱(*Brachymystax lenok*)幼鱼生长及体成分的影响, 得出适宜投喂水平为 3%到 4%。

多纹钱蝶鱼(*Selenotoca multifasciata*), 又称银鼓鱼, 隶属于辐鳍鱼纲(Actinopterygii), 鲈形目(Perciformes), 金钱鱼科(Scatophagidae)^[12], 钱蝶鱼属(*Selenotoca*), 与同科金钱鱼一样, 原产于印度尼西亚、菲律宾、泰国等地的江河入海口, 在我国东海南部至南海及北部湾区域有分布^[13], 可生活在海水、咸淡水、盐碱水和淡水中, 具有适应性强, 耐高温、生长速度快, 肉质细嫩, 杂食性(偏植食性)等特点, 既有观赏价值又有食用价值, 开发前景广阔。目前有关多纹钱蝶鱼的报道有限, 罗璋等^[14]对多纹钱蝶鱼链球菌病进行了初步研究, 刘鉴毅等^[15]对多纹钱蝶鱼的胚胎发育进行了观察, 并进行了时期划分, 而关于多纹钱蝶鱼的最佳投喂频率和投喂水平研究至今未见报道。本试验通过研究不同投喂频率及不同投喂水平对多纹钱蝶鱼幼鱼生长的影响, 确定其最适投喂频率及投喂水平, 为实现多纹钱蝶鱼的高效养殖提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验于 2020 年 7—9 月在中国水产科学研究院东海水产研究所海南琼海研究中心开展。多纹钱蝶鱼幼鱼为人工授精苗种。经强化培育的 1.5 龄以上亲鱼, 麻醉后胸鳍基部注射催产素, 将亲鱼移入室内水泥池, 一段时间后收集精液和卵子, 用毛笔或手轻轻地混合均匀, 进行干法授精。孵出鱼苗后在室内水泥池暂养。实验用鱼初始湿体质量为(1.19±0.35) g,

全长(37.49±3.81) cm, 体长(31.08±3.22) cm, 体高(16.76±1.67) cm。实验饲料使用通威股份有限公司草虾配合饲料, 其营养水平见表 1。

表 1 实验饲料营养水平

Tab. 1 Nutrient levels of the experimental diet

项目	粗蛋白质	粗灰分	粗脂肪	水分
含量/%	≥42.0	≤16.0	≥5.5	≤12.0

1.2 实验设计及养殖管理

1.2.1 投喂频率实验

实验用直径 1 m 的养殖桶, 设置 4 个实验组, 分别为 F1(8:00 投喂 1 次), F2(8:00、20:00 投喂 2 次), F3(8:00、14:00、20:00 投喂 3 次), F4(8:00、12:00、16:00、20:00 投喂 4 次), 每组 2 个平行, 每桶随机放 80 尾实验鱼, 保证每餐饱食投喂(投喂饲料后鱼不抢食, 有少量剩余残饵视为饱食), 流水养殖, 每 2 d 吸污 1 次, 养殖用水为自然海水, 盐度 32, 水温 8.8~31.6 °C, pH 8.0~8.2, 溶解氧≥5 mg/L, 实验为期 60 d, 期间记录每个实验组的存活情况, 每 10 d 测量一次实验鱼生长数据并记录。

1.2.2 投喂水平实验

实验用直径 1 m 的养殖桶, 设置 5 个实验组, 分别为 T0(每天饱食投喂 2 次), T1(每天投喂鱼湿体质量 2%), T2(每天投喂鱼湿体质量 4%), T3(每天投喂鱼湿体质量 6%), T4(每天投喂鱼湿体质量 8%), 每组 2 个平行, 每桶随机放 80 尾实验鱼, 流水养殖, 每 2 d 吸污 1 次, 养殖用水为自然海水, 盐度 32, 实验期间水温 28.8~31.6 °C, pH 8.0~8.2, 溶解氧质量浓度≥5 mg/L, 实验为期 60 d, 期间记录每个实验组养殖鱼的存活情况, 每 10 d 测量一次生长数据, 并根据平均湿体质量调整投喂饲料重。

1.3 数据处理及分析

实验结束后, 计算鱼类生长指标, 包括特定生长率(specific growth rate, SGR)、增重率(weight gain rate, WGR)、存活率(survive rate, SR)、摄食率(feed rate, FR)、肥满度(condition factor, CF); 饲料利用相关指标, 包括饲料系数(feed conversion ratio, FCR)、蛋白质效率(protein efficiency rate, PER), 相关参数计算公式如下:

$$\text{特定生长率(SGR, \% / d)} = 100\% \times (\ln W_t - \ln W_0) / t,$$

$$\text{增重率(WGR, \%)} = 100\% \times (W_t - W_0) / W_0,$$

摄食率(FR, %/d)=100%×FI/[$t \times (W_t + W_0)/2$],
 饲料系数(FCR)=FI/($W_t - W_0$),
 蛋白质效率(PER, %)=100%×($W_t - W_0$)/FI× P_a ,
 肥满度(CF, %)=100%× W_t/L^3 ,

式中, W_t 为鱼终末湿体质量/g; W_0 为鱼初始湿体质量/g; t 为饲喂天数/d; FI 为每条鱼平均摄食量/g; N_0 为初鱼尾数; N_t 为末鱼尾数; L 为鱼末体长/cm; P_a 为饲料粗蛋白质含量(%)。

实验数据先用 Excel 2020 进行处理, 然后用 SPSS 24.0 对组间数据进行单因素方差分析(one-way ANOVA), $P < 0.05$ 表示差异达到显著, 用 Duncan 氏法进行多重比较。数据结果用平均值±标准差($\bar{x} \pm SD$)表示。

2 结果

2.1 投喂频率对多纹钱蝶鱼幼鱼生长及饲料利用的影响

由表 2 和表 3 可知, 生长指标中, 终末湿体质量

量、增重率、特定生长率、摄食率和肥满度随投喂频率增加呈先上升后降低的趋势。F2、F3 组终末湿体质量与 F1、F4 组差异显著($P < 0.05$), 2 组间差异不显著($P > 0.05$); F4 组存活率与其他组差异均显著($P < 0.05$), 其他组差异不显著($P > 0.05$); F1 组增重率显著低于其他组($P < 0.05$); F2 组特定生长率最高, 且与 F1、F4 组差异显著($P < 0.05$), F1 组最低; 4 种投喂频率对摄食率及肥满度没有显著影响($P > 0.05$)。饲料利用方面, 4 组间饲料系数和蛋白质效率均无显著性差异($P > 0.05$)。由图 1 可知, 0~50 d 之内 F3 组体质量增长速度最快, 其次是 F2、F4、F1; 50 d 后, F2 组体质量增长速度超过 F3 组。由图 2 可以看出, 各组摄食率在养殖前期差异较大, 由高到低依次为 F3、F4、F2、F1, 各组实验鱼摄食率随着养殖时间逐渐降低, 到养殖后期各组摄食率相近。由实验可知, 要能保证多纹钱蝶鱼生长所需的营养物质, 又可保证水体不受污染多纹钱蝶鱼最佳投喂次数为 2 次·d⁻¹。

存活率(SR, %) = 100% × N_t / N_0 。

表 2 投喂频率对多纹钱蝶鱼幼鱼生长的影响

组别	终末湿体质量/g	存活率 SR/%	增重率 WGR/%	特定生长率 SGR/(%·d ⁻¹)	摄食率 FR/(%·d ⁻¹)	肥满度 CF/%
F1	24.72±6.85 ^a	100.00 ^b	1 977.31±22.98 ^a	5.00±0.06 ^a	2.74±0.38 ^a	3.38±0.24 ^a
F2	42.24±6.75 ^c	100.00 ^b	3 449.86±174.70 ^b	5.93±0.08 ^c	3.36±0.54 ^a	3.74±0.12 ^a
F3	40.71±7.56 ^c	98.75±1.77 ^b	3 321.01±374.35 ^b	5.86±0.17 ^{bc}	3.34±0.57 ^a	3.46±0.01 ^a
F4	35.42±4.04 ^b	95.00±1.77 ^a	2 876.19±38.42 ^b	5.65±0.02 ^b	3.16±0.13 ^a	3.41±0.07 ^a

注: 同列数据标小写字母表示组间显著差异($P < 0.05$), 下表同。

表 3 投喂频率对多纹钱蝶鱼幼鱼饲料利用的影响

组别	饲料系数 FCR	蛋白质效率 PER/%
F1	0.92±0.13	49.41±5.22
F2	1.07±0.18	41.15±7.04
F3	1.07±0.18	41.19±7.82
F4	0.90±0.21	48.54±11.14

2.2 投喂水平对多纹钱蝶鱼幼鱼生长及饲料利用的影响

由表 4、表 5 可知, 生长指标中, 终末湿体质量、增重率、特定生长率、摄食率和肥满度均随实验投喂水平的增加而升高。T1、T2、T3、T4 组终末湿体重、增重率、特定生长率有显著差异($P < 0.05$), 而

T4 组与对照组在终末湿体质量、增重率和特定生长率方面无显著差异($P > 0.05$); 各实验组的存活率无明显差异; T0、T3、T4 组摄食率与其他 2 组差异显著($P < 0.05$), 而 3 组间差异不显著($P > 0.05$); T1、T2 组肥满度显著低于对照组($P < 0.05$); T1 组饲料系数和蛋白质效率与其他组有显著差异($P < 0.05$), 其他组间差异不显著($P > 0.05$)。由图 3 可知, 体质量增长速度由高到低依次为 T4、T0、T3、T2、T1。由图 4 可以看出, 各组摄食率最初由高到低依次为 T0、T4、T3、T2、T1, 各组实验鱼摄食率随着养殖时间逐渐降低, 到养殖后期各组摄食率相近。然而本实验中, T4 组由于饲料投喂过多导致水体污染严重, 为保证多纹钱蝶鱼可获得生长所需的营养物质及水体不受污染, 多纹钱蝶鱼最佳投喂水平为 6%~8%。

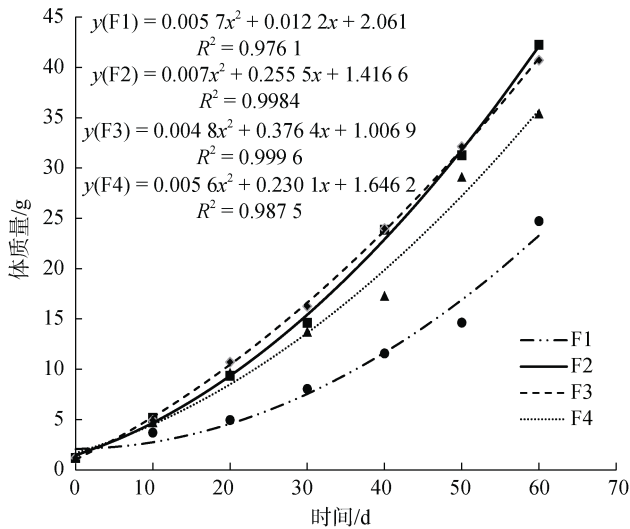


图1 不同投喂频率下多纹钱蝶鱼体质量增长情况

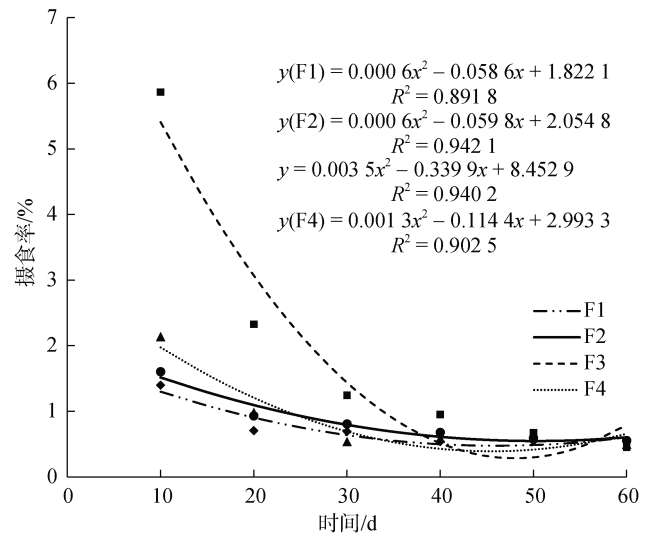
Fig. 1 Weight gain curves of *S. multifasciata* under different feeding frequency

图2 不同投喂频率下多纹钱蝶鱼摄食率随养殖时间的变化

Fig. 2 Feeding rate of *S. multifasciata* under different feeding frequency

表4 投喂水平对多纹钱蝶鱼幼鱼生长的影响

组别	终末湿体质量/g	存活率 SR/%	增重率 WGR/%	特定生长率 SGR/(%·d ⁻¹)	摄食率 FR/(%·d ⁻¹)	肥满度 CF/%
T0	22.65±4.01 ^d	100 ^a	1 803.36±27.33 ^d	4.89±0.01 ^d	3.05±0.01 ^c	3.75±0.13 ^b
T1	3.31±0.95 ^a	100 ^a	178.15±21.00 ^a	1.64±0.13 ^a	1.88±0.11 ^a	3.26±0.07 ^a
T2	11.90±2.30 ^b	100 ^a	899.72±9.11 ^b	3.81±0.00 ^b	2.63±0.01 ^b	3.32±0.15 ^a
T3	15.75±3.61 ^c	100 ^a	1 223.81±66.55 ^c	4.27±0.08 ^c	2.88±0.12 ^c	3.47±0.16 ^{ab}
T4	22.86±3.66 ^d	100 ^a	1 820.73±8.32 ^d	4.91±0.00 ^d	3.06±0.01 ^c	3.54±0.16 ^{ab}

表5 投喂水平对多纹钱蝶鱼幼鱼饲料利用的影响

组别	饲料系数 FCR	蛋白质效率 PER/%
T0	1.02±0.00 ^a	42.42±0.64 ^b
T1	1.40±0.22 ^b	36.41±4.29 ^a
T2	0.98±0.01 ^a	44.78±0.45 ^b
T3	1.02±0.05 ^a	43.43±2.36 ^b
T4	1.02±0.00 ^a	42.20±0.19 ^b

3 讨论

鱼类的生长发育受多种因素影响,如水温、盐度、饵料和养殖密度等^[12],如果缺乏适宜的环境条件,其生长会受到限制。本研究控制环境、养殖密度等因素恒定,将投喂频率和投喂水平作为影响多纹钱蝶鱼生长的变量,研究该鱼的最适投喂条件,优化饵料利用率与幼鱼培育的性价比。

3.1 投喂频率对多纹钱蝶鱼生长及饲料利用的影响

研究表明,在各种环境因子,如养殖密度、水温、溶氧以及光照等达到稳定的条件下,投喂频率能不同程度影响鱼类的生长及饲料利用能力,不同鱼类适宜投喂频率差异很大^[16]。本研究结果同黄斑篮子鱼(*Siganus oramin*)^[8]研究结果相似,同样受鱼类本身肠胃容积的影响,投喂频率上升达到一个顶点后,继续增加时,不仅增加养殖成本,鱼类生长也受到影响。也有研究认为,投喂频率对鱼类生长没有显著的影响,如,管敏等^[17]研究了不同投喂频率对中华鲟(*Acipenser sinensis*)生长的影响,实验得出投喂频率的增加对中华鲟增重率、特定生长率影响不显著,猜测结果不同可能与鱼的规格和饲料种类等有关。本实验发现 F2 组实验鱼的终末质量、增重率、特定生长率、摄食率和肥满度最佳,表明投喂 2 次·d⁻¹ 是适合多纹钱蝶鱼生长的,这与褚志鹏等^[18]、刘淑兰等^[19]、刘伟等^[20]得出的结论相同。

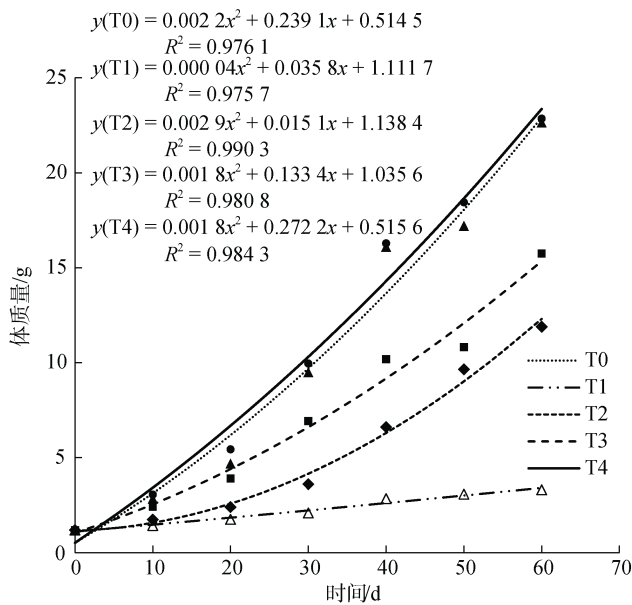


图3 不同投喂水平下多纹钱蝶鱼体质量增长情况

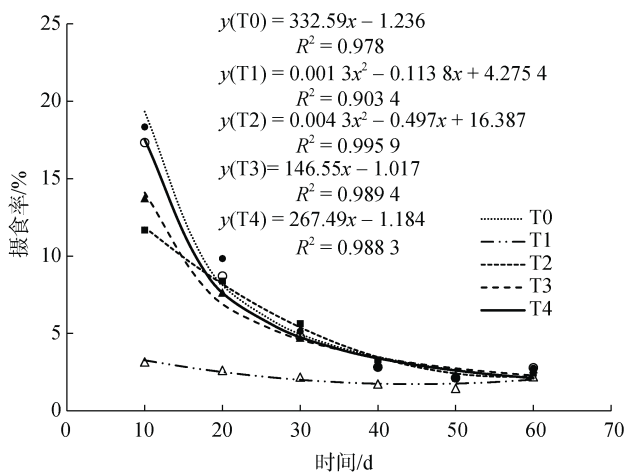
Fig. 3 Weight gain curves of *S. multifasciata* under different feeding level

图4 不同投喂水平下多纹钱蝶鱼摄食率随养殖时间的变化

Fig. 4 Feeding rate of *S. multifasciata* under different feeding level

与王伟等^[21]对花鲈(*Lateolabrax japonicus*)的研究结果相似,在本实验中,多纹钱蝶鱼幼鱼的终末湿体质量、增重率、特定生长率均随投喂频率增加呈先上升后降低的趋势。周歧存等^[22]和孙丽慧等^[23]指出,投喂频率过高会降低饲料的消化吸收率,使生长受到抑制,造成饲料和人力的浪费,增加养殖成本^[12],这也与崔超等^[24]、纪文秀等^[25]、林艳^[26]等的结论一致。本实验中投喂频率由2次·d⁻¹增加到4次·d⁻¹,多纹钱蝶鱼的增重率、特定生长率等均逐渐降低,这表明鱼类的摄食量及消化吸收有一定限度,投喂频率过高不

但不会获得最佳的生长速度,而且会使其未及时消化摄入的营养物质就排出,增加养殖成本,且摄食活动增多增加了能量消耗,造成鱼体生长减缓。本实验得出多纹钱蝶鱼增重率和特定生长率随投喂频率的增加呈现先升高后降低的趋势,这与吉富罗非鱼(*Genetic Improvement of Farmed Tilapia*)^[27]研究结果相似。而有些鱼类,如鳙(*Aristichthys nobilis*)^[28]、大西洋鲑(*Salmo salar*)^[19]、珍珠龙胆石斑鱼(*Epinephelus fuscoguttatus*)^[29]等,其增重率和特定生长率随投喂频率增加而逐渐升高,推测这种差异可能是由于不同种鱼类的消化吸收能力不同造成。F2、F3组终末湿体质量均显著高于F4组,这可能是因为两次投喂之间的时间间隔较长,饲料有足够的时间在鱼体内停留,营养物质吸收比较充分^[30];而F2组的生长情况与F3组没有显著性差异,说明2次·d⁻¹的投喂频率能满足其生长需求。F4组存活率显著低于其他3组,这是因为随着投喂频率的增加,投喂间隔过短导致鱼的肠道负担加重,排空速度加快,以至于饲料未被完全消化就排出体外,机体消化吸收效率降低,过多的摄食行为会消耗部分能量,从而影响生长速度甚至造成了死亡。有些鱼类如虎斑鱼(鞍带石斑鱼♂×棕点石斑鱼, *Epinephelus lanceolatus*♂×*Epinephelus fuscoguttatus*♀)^[31]等,其饲料系数、摄食率随投喂频率增加而呈现先降低后升高的趋势。本实验得出多纹钱蝶鱼摄食率随投喂频率的增加呈现先升高后降低的趋势,这与斑点叉尾鲷幼鱼(*Ictalurus punctatus*)^[32]、黄鳝(*Monopterus albus*)^[33]、刺参(*Apostichopus japonicus*)^[34]等研究结果相似。本实验中多纹钱蝶鱼肥满度随投喂频率增加而降低,而奥尼罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)^[35]肥满度随投喂频率增加而显著升高,斑点叉尾鲷幼鱼^[32]肥满度随投喂频率升高呈现先升高后降低的趋势,不同鱼类的摄食率变化呈现不同的规律,这可能与鱼的肠胃消化能力有关。本实验中投喂频率对多纹钱蝶鱼摄食率、肥满度、饲料系数及蛋白质效率的影响均不具有统计学意义($P>0.05$)。其他研究发现,青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)^[36]蛋白质效率随投喂频率升高而升高,大菱鲆(*Scophthalmus maximus*)^[37]则先升高后降低。这种差异可能由饲料或鱼种类而造成,饲料蛋白质含量高低对蛋白质效率有一定影响,一般来说,饲料蛋白质含量高则蛋白质效率低,反之则高。投喂频率和摄食率、饲料系数、肥满度以及蛋白质效率之间的关系因鱼的种类、规格及其生活习惯的差异而呈现不同规律。不同鱼类有不同的栖息水层和觅食规律,如鲢^[38]、鳙^[28]

活动于水体上层,主要捕食浮游生物;草鱼^[39]、团头鲂^[26]活动于水的中下层,吃水草的根、茎、叶;鲤、鲫等主要栖息于水的底层,摄食底栖生物。在洄游习性、逐暖习性、集群习性等方面不同鱼类也表现不同,这些鱼类在不同投喂频率下均呈现出不同的变化规律。

3.2 投喂水平对多纹钱蝶鱼生长及饲料利用的影响

摄食水平是影响鱼类生长的一个重要因素^[40],据相关研究报道,在适宜的投喂水平范围内,用于鱼类生长的能量会随投喂水平的提高而增加,鱼类的生长也随之提高^[41]。适宜的投喂率在最大限度满足鱼类正常生长的同时也可以节约饲料成本^[12]。投喂水平过低会造成鱼体脂肪含量和肥满度下降以及脂肪酸组成的变化等^[2]。在自然条件下,由于环境改变、季节变化、种内竞争等各种不确定因素,鱼类经常不能获得足够的食物而使生长受到影响。在人工养殖条件下,各种环境因素基本稳定,此时鱼类生长主要受投喂频率和投喂水平的影响,投喂不当或投喂不及时可能导致鱼类摄食不足,影响其存活、生长、发育及繁殖^[3]。过量的投喂也不利于鱼类的生长,当投喂水平较高时,加重鱼体肠道的负担,加重了肝脏代谢负荷,过多的能量物质在肝脏组织中转变为脂肪进行储存^[42],降低鱼体消化吸收效率,进而影响鱼类生长,同时过量的投喂饲料容易引起水体环境污染^[43]。

本研究发现,投喂水平从 2% 提高到 8%,多纹钱蝶鱼终末湿体质量、增重率和特定生长率都显著升高,这与鲤(*Cyprinus carpio*)^[44]、大杂交鲟幼鱼(达氏鳇♀×施氏鳇♀, *Huso dauricus*♀×*Acipenser schrenckii*♂)^[17]、黄鳝^[40, 45]等研究结果相似。T1 组饲料系数显著低于其他组,这可能是随着投喂水平的提高,饲料中用于生长的能量减少,大部分能量多为代谢和排泄消耗,饲料中的营养物质利用效率降低,与袁勇超^[2]对胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)的研究结果一致。本实验中随着投喂水平的提高, T3、T4 及对照组 T0 摄食率显著高于其他 2 组,但 3 组间无显著差异。摄食率受鱼湿体质量、生理状况等多种因素的影响,反映鱼类的食欲情况,即在一定生态条件下鱼类从环境中获取食物和能量的能力。多纹钱蝶鱼食量大,贪吃,稍加休息遇到新鲜食物即食,本实验结果与之相呼应,投喂量越大,多纹钱蝶鱼摄

食率越大。有研究表明,有些鱼类,如红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)^[46]摄食率随投喂水平升高而呈现先升高后降低的趋势,有些鱼类如鲤^[44],其摄食率随投喂水平的升高而显著升高,这可能是因为不同种类鱼类食量及消化吸收能力不同导致。实验发现 T4 组有少量残饵,超过鱼的最大摄食量,且随着鱼的生长体质量明显增大,对应的投喂量过大,剩余残饵污染水体。由本实验可得知,最佳投喂量在 6% 到 8%,既能保证多纹钱蝶鱼生长所需的营养物质,又可保证水体不受污染。

4 结论

本实验得出,多纹钱蝶鱼的生长随投喂频率的增加呈现先升高后降低的趋势,并在 2 次·d⁻¹ 投喂组中生长最好,饲料利用情况在 4 种投喂频率下无显著差异;多纹钱蝶鱼的生长随投喂量的升高而升高,饲料利用情况中 2% 组的饲料系数高于其他组,蛋白质效率低于其他组,其他各组间无显著差异。

综合考虑多纹钱蝶鱼生长、饲料利用、水质及养殖成本问题,多纹钱蝶鱼的适宜投喂频率为 2 次·d⁻¹,投喂水平为鱼湿体质量的 6%~8%。

参考文献:

- [1] SVEIER H, LIED E. The effect of feeding regime on growth, feed utilisation and weight dispersion in Large Atlantic Salmon (*Salmo Salar*) reared in seawater[J]. Aquaculture, 1998, 165(3/4): 333-345.
- [2] 袁勇超. 胭脂鱼适宜蛋白能量水平、投喂水平和磷需要量及对植物蛋白源的利用研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2011.
YUAN Yongchao. Optimum protein and energy levels, feeding levels and phosphorus requirement and utilization of plant protein source for *Myxocyprinus Asiaticus*[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2011.
- [3] 黄厚见. 摄食水平、氨氮胁迫对梭鱼幼鱼生长的影响及其毒理效应研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2012.
HUANG Houjian. The effects of ammonia and ration size on growth and toxicological response of mullet (*Liza haematocheila*)[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2012.
- [4] JOBLING M. Gastrointestinal overload — a problem with formulated feeds[J]. Aquaculture, 1986, 51(3): 257-263.
- [5] 李卓钦, 刘文斌, 田红艳, 等. 不同饲料料型及投喂频率对斑点叉尾鲷幼鱼生长及肌肉品质的影响[J]. 中国水产科学, 2018, 25(6): 1260-1270.

- LI Zhuoqin, LIU Wenbin, TIAN Hongyan, et al. Effects of different feed types and feeding frequencies on growth and muscle quality of juvenile channel catfish (*Ictalurus punctatus*)[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2018, 25(6): 1260-1270.
- [6] 杨育凯, 黄小林, 林黑着, 等. 黄斑篮子鱼幼鱼适宜投喂频率的研究[J]. 动物营养学报, 2020, 32(4): 1809-1816.
- YANG Yukai, HUANG Xiaolin, LIN Heizhuo, et al. Optimal feeding frequency for Juvenile *Siganus oramin*[J]. Chinese Journal Animal Nutrition, 2020, 32(4): 1809-1816.
- [7] 张金彪, 周文全, 周威, 等. 基于配合饲料条件下不同投喂频率对河蟹生长性能的影响研究[J]. 水产养殖, 2018, 39(12): 11-13.
- ZHANG Jinbiao, ZHOU Wenquan, ZHOU Wei, et al. Effects of different feeding frequency on growth performance of *Eriocheir sinensis* based on formula feed[J]. Journal of Aquaculture, 2018, 39(12): 11-13.
- [8] 仇登高, 郑乐云, 黄种持, 等. 投喂频率对流水养殖鞍带石斑鱼生长、摄食及免疫酶活力的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018, 40(7): 51-57.
- QIU Denggao, ZHENG Leyun, HUANG Zhongchi, et al. The effect of feeding frequency on growth performance, food intake and Immune Enzyme activities of *Epinephelus lanceolatus* in flowing water cultivation[J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2018, 40(7): 51-57.
- [9] 刘康, 何金钊. 投喂频率和投喂水平对长吻鲩幼鱼生长和免疫的影响[J]. 渔业现代化, 2019, 46(1): 1-5.
- LIU Kang, HE Jinzhao. Effects of feeding frequency and feeding level on growth and immunity of juvenile *Leiocassis longirostris*[J]. Fishery Modernization, 2019, 46(1): 1-5.
- [10] 刘变枝, 朱晓鸣, 韩冬, 等. 投喂水平对长吻鲩仔稚鱼生长和存活的影响[J]. 水生生物学报, 2013, 37(2): 261-268.
- LIU Bianzhi, ZHU Xiaoming, HAN Dong, et al. Effects of feeding level on growth performance of Chinese Longsnout Catfish (*leiocassis longirostris günther*) larvae[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2013, 37(2): 261-268.
- [11] 史则超, 陈孝煊, 王卫民, 等. 不同投喂率对南方鲇稚鱼生长和存活率的影响[J]. 水生态学杂志, 2008, 29(5): 93-96.
- SHI Zechao, CHEN Xiaoxuan, WANG Weimin, et al. Impacts of different feeding rates on the growth and survival rate of *Silurmeridionalis Juvenile*[J]. Journal of Hydroecology, 2008, 29(5): 93-96.
- [12] 徐革锋, 刘洋, 李永发, 等. 不同投喂率对细鳞鲟 (*Brachymystax lenok*) 幼鱼生长及体成分的影响[J]. 海洋与湖沼, 2013, 44(2): 433-437.
- XU Gefeng, LIU Yang, LI Yongfa, et al. Effect of feeding rate on growth and body composition of juvenile *Brachymystax lenok*[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2013, 44(2): 433-437.
- [13] 施永海, 张根玉, 张海明, 等. 金钱鱼肌肉营养成分的分析和评价[J]. 食品工业科技, 2015, 36(6): 346-350.
- SHI Yonghai, ZHANG Genyu, ZHANG Haiming, et al. Evaluation of nutritive quality and nutrient components in muscle of *Scatophagu sargus*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(6): 346-350.
- [14] 罗璋, 许杰, 韩进刚, 等. 银鼓鱼病原菌(海豚链球菌)的分离与鉴定[J]. 华中农业大学学报, 2012, 31(1): 95-99.
- LUO Zhang, XU Jie, HAN Jingang, et al. Isolation and identification of pathogenetic *Streptococcus iniae* from *Selenotoca multifasciata*[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2012, 31(1): 95-99.
- [15] 刘鉴毅, 李琪, 孙艳秋, 等. 多纹钱蝶鱼胚胎发育及胚后发育观察[J]. 中国水产科学, 2021, 28(8): 978-987.
- LIU Jianyi, LI Qi, SUN Yanqiu, et al. Embryonic and post-embryonic development of *Selenotoca multifasciata*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2021, 28(8): 978-987.
- [16] 唐国盘, 黄安群, 秦改晓, 等. 高温下饲料的投喂频率对黄河鲤鱼幼鱼的生长、体成分、血清生化指标和抗病力的影响研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2017, 9: 234-238.
- TANG Guopan, HUANG Anqun, QIN Gaixiao, et al. Effects of feeding frequency on growth, body composition, serum biochemical indexes and disease resistance of *Cyprinus carpio - haematopterus* under high temperature[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2017, 9: 234-238.
- [17] 管敏, 张德志, 饶军, 等. 饱食投喂频率对子二代中华鲟稚鱼生长及胃肠排空的影响[J]. 淡水渔业, 2019, 49(4): 90-97.
- GUAN Min, ZHANG Dezhi, RAO Jun, et al. Effects of satiation feeding frequency on growth and gastrointestinal evacuation characteristic of juvenile F2 *Chinese sturgeon*[J]. Freshwater Fisheries, 2019, 49(4): 90-97.
- [18] 褚志鹏, 金佳利, 陈细华, 等. 不同投喂率和投喂频率对大杂交鲟幼鱼生长、体成分和生化指标的影响[J]. 中国水产科学, 2020, 27(2): 177-185.
- CHU Zhipeng, JIN Jiali, CHEN Xihua, et al. Effects of different feeding rates and frequencies on the growth performance, body composition, and biochemical parameters of juvenile *hybrid sturgeon*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2020, 27(2): 177-185.
- [19] 刘淑兰, 孙国祥, 李杰, 等. 投喂频率对大西洋鲑生

- 长和生理指标的影响[J]. 水产科学, 2019, 38(3): 341-346.
- LIU Shulan, SUN Guoxiang, LI Jie, et al. Effects of feeding on growth some physiological indices in Atlantic Salmon *Salmo salar*[J]. Fisheries Science, 2019, 38(3): 341-346.
- [20] 刘伟, 文华, 蒋明, 等. 投喂率和投喂频率对吉富罗非鱼幼鱼生长和肝脏健康的影响[J]. 淡水渔业, 2019, 49(2): 84-93.
- LIU Wei, WEN Hua, JIANG Ming, et al. Effects of feeding rate and feeding frequency on growth performance and liver health for juvenile generically improved farmed tilapia, *Oreochromis niloticus*[J]. Freshwater Fisheries, 2019, 49(2): 84-93.
- [21] 王伟, 张凯强, 温海深, 等. 投喂频率对花鲈幼鱼胃排空、生长性能和体组分的影响[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2018, 48(6): 55-62.
- WANG Wei, ZHANG Kaiqiang, WEN Haishen, et al. Effects of feeding frequency on gastric evacuation, growth performance and body composition of juvenile Lateolabrax maculatus[J]. Periodical of Ocean University of China, 2018, 48(6): 55-62.
- [22] 周歧存, 郑石轩, 高雷, 等. 投喂频率对南美白对虾生长、饲料利用及虾体组成影响的初步研究[J]. 海洋湖沼通报, 2003(2): 64-68.
- ZHOU Qicun, ZHENG Shixuan, GAO Lei, et al. Preliminary studies on the effects of feeding frequency on growth, feed utilization and body composition of *Penaeus Vannamei* Boone[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2003(2): 64-68.
- [23] 孙丽慧, 王际英, 丁立云, 等. 投喂频率对星斑川鲷幼鱼生长和体组成影响的初步研究[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(2): 190-195.
- SUN Lihui, WANG Jiying, DING Liyun, et al. Effects of feeding frequency on growth and body composition of juvenile *Platichthys stellatus*[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2010, 19(2): 190-195.
- [24] 崔超, 禹娜, 龙丽娜, 等. 投喂频率对俄罗斯鲟幼鱼生长、消化酶活力和氨氮排泄的影响[J]. 海洋渔业, 2014, 36(1): 35-43.
- CUI Chao, YU Na, LONG Lina, et al. Effects of feeding frequency on growth, digestive enzymes activities and ammonia excretion of juvenile Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*)[J]. Marine Fisheries, 2014, 36(1): 35-43.
- [25] 纪文秀, 王岩, 厉珀余. 不同投喂频率对网箱养殖点带石斑鱼生长、食物利用及氮磷排放的影响[J]. 浙江大学学报, 2011, 37(4): 432-438.
- JI Wenxiu, WANG Yan, LI Poyu. Effect of feeding frequency on growth, feed utilization and nitrogen and phosphorus waste output of *malabar grouper*[J]. Journal of Zhejiang University, 2011, 37(4): 432-438.
- [26] 林艳, 缪凌鸿, 戈贤平, 等. 投喂频率对团头鲂幼鱼生长性能、肌肉品质和血浆生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2015, 27(9): 2749-2756.
- LIN Yan, MOU Linghong, GE Xianping, et al. Effects of feeding frequency on growth performance, muscle quality and plasma biochemical indices of *Megalobrama amblycephala* Juvenile[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2015, 27(9): 2749-2756.
- [27] 赵美娜, 赵早亚, 孙彩云, 等. 投喂模式对吉富罗非鱼摄食和生长的影响[J]. 广东农业科学, 2017, 44(3): 120-127.
- ZHAO Meina, ZHAO Zaoya, SUN Caiyun, et al. Effects of feeding regime on food intake and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2017, 44(3): 120-127.
- [28] 缪凌鸿, 米海峰, 林艳, 等. 鲮鱼配合饲料投喂频率的研究[J]. 科学养鱼, 2017, 33(6): 24-26.
- MOU Linghong, MI Haifeng, LIN Yan, et al. Study on feeding frequency of formula feed for *Aristichthys nobilis*[J]. Scientific Fish Farming, 2017, 33(6): 24-26.
- [29] 朱晓芳, 曹潇, 巩建华, 等. 投喂频率对珍珠龙胆石斑鱼幼鱼生长及系统水质指标的影响[J]. 海洋科学, 2017, 41(8): 32-39.
- ZHU Xiaofang, CAO Xiao, GONG Jianhua, et al. Effects of different feeding frequencies on the growth of juvenile ♀ *Epinephelus fuscoguttatus* × ♂ *Epinephelus lanceolatus* and on water quality index[J]. Marine Sciences, 2017, 41(8): 32-39.
- [30] 马建忠, 曾国权, 聂鹏程, 等. 投喂频率对绿鳍马面鲀幼鱼生长和肌肉品质的影响[J]. 水产科技情报, 2021, 48(1): 28-32.
- MA Jianzhong, ZENG Guoquan, NIE Pengcheng, et al. Effects of feeding frequency on growth performance and muscle quality of juvenile *Thamnaconus modestus*[J]. Fisheries Science and Technology Information, 2021, 48(1): 28-32.
- [31] 王成桂, 梁华芳, 黄东科, 等. 投喂频率对龙虎斑幼鱼生长和饵料利用的影响[J]. 渔业现代化, 2014, 41(5): 21-25.
- WANG Chenggui, LIANG Huafang, HUANG Dongke, et al. Effects of feeding frequency on growth and feed utilization of juvenile dragon-tiger grouper[J]. Fishery Modernization, 2014, 41(5): 21-25.
- [32] 董桂芳, 胡振雄, 黄峰, 等. 投喂频率对斑点叉尾鲷幼鱼生长、饲料利用和鱼体组成的影响[J]. 渔业现代化, 2012, 39(2): 48-53.
- DONG Guifang, HU Zhenxiong, HUANG Feng, et al. Effect of feeding frequency on growth, feed utilization and whole body composition of juvenile channel catfish (*Ictalurus punctatus*)[J]. Fishery Modernization, 2012,

- 39(2): 48-53.
- [33] 杨帆, 张世萍, 韩凯佳, 等. 投喂频率对黄鳍幼鱼摄食、生长及饵料利用效率的影响[J]. 淡水渔业, 2011, 41(3): 50-54.
YANG Fan, ZHANG Shiping, HAN Kaijia, et al. Impact of feeding frequency on feeding, growth and feed utilization for juvenile *Monopterus albus*[J]. Freshwater Fisheries, 2011, 41(3): 50-54.
- [34] 房景辉, 刘相全, 赵海峰, 等. 投喂频率对刺参生长、体成分组成和能量收支的影响[J]. 渔业科学进展, 2014, 35(5): 55-60.
FANG Jinghui, LIU Xiangquan, ZHAO Haifeng, et al. Effects of feeding frequency on the growth, biochemical composition and energy budget of sea cucumber *Apostichopus japonicus*[J]. Progress in Fishery Sciences, 2014, 35(5): 55-60.
- [35] 强俊, 李瑞伟, 王辉. 投喂频率对奥尼罗非鱼幼鱼生长效应的影响[J]. 海洋与渔业, 2008(4): 23-25.
QIANG Jun, LI Ruiwei, WANG Hui. Effects of feeding frequency on growth of juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*)[J]. Ocean and Fishery, 2008(4): 23-25.
- [36] 姜建湖, 陈建明, 沈斌乾, 等. 投喂频率对青鱼幼鱼生长和体成分的影响[J]. 水产科技情报, 2014, 41(1): 10-13.
JIANG Jianhu, CHEN Jianming, SHEN Binqian, et al. Effects of feeding frequency on growth and body composition of *Mylopharyngodon piceus*[J]. Fisheries Science and Technology Information, 2014, 41(1): 10-13.
- [37] 李滑滑, 吴立新, 姜志强, 等. 摄食水平和投喂频率对大菱鲃幼鱼生长及生化成分的影响[J]. 生态学杂志, 2013, 32(7): 1844-1849.
LI Huahua, WU Lixin, JIANG Zhiqiang, et al. Effects of ration level and feeding frequency on the growth and biochemical components of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*)[J]. Chinese Journal of Ecology, 2013, 32(7): 1844-1849.
- [38] 徐雪英, 王小林. 大水面网栏鲢鳙鱼种零投喂培育技术初探[J]. 科学养鱼, 2017, 33(5): 11-12.
XU Xueying, WANG Xiaolin. Preliminary study on zero feeding technique of *Hypophthalmichthys molitrix* and *Aristichthys nobilis* in large water net fence[J]. Scientific Fish Farming, 2017, 33(5): 11-12.
- [39] 钟娟, 李鹏程, 姚峰, 等. 不同循环饥饿-投喂策略对草鱼生长、代谢酶活性及体成分的影响[J]. 动物营养学报, 2020, 32(3): 1445-1453.
ZHONG Juan, LI Pengcheng, YAO Feng, et al. Effects of different cyclic starvation and refeeding methods on growth, metabolic enzymes activities and body composition of Juvenile Grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus*)[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2020, 32(3): 1445-1453.
- [40] 崔奕波. 鱼类生物能量学的理论与方法[J]. 水生生物学报, 1989, 13(4): 369-383.
CUI Yibo. Theory and method of fish bioenergy[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 1989, 13(4): 369-383.
- [41] 黄建盛, 陈刚, 张健东, 等. 摄食水平对卵形鲳鲹幼鱼的生长和能量收支的影响[J]. 广东海洋大学学报, 2010, 30(1): 18-23.
HUANG Jiansheng, CHEN Gang, ZHANG Jiandong, et al. Effect of ration level on growth and energy budget of *Trachinotus ovatus* juveniles[J]. Journal of Guangdong Ocean University, 2010, 30(1): 18-23.
- [42] 陈云飞, 彭慧珍, 刘庄鹏, 等. 投喂水平对黄鳍生长、肠道消化酶活性及部分血清生理生化指标的影响[J]. 渔业科学进展, 2017, 38(2): 114-120.
CHEN Yunfei, PENG Huizhen, LIU Zhuangpeng, et al. Effects of feeding level on growth, intestinal digestive enzymes activity and physiological and biochemical characteristics of serum in the Asian Swamp Eel (*Monopterus albus*)[J]. Progress in Fishery Sciences, 2017, 38(2): 114-120.
- [43] JOBLING M. Gastrointestinal overload — a problem with formulated feeds[J]. Aquaculture, 1986, 51(3): 257-263.
- [44] 罗琳, 薛敏, 吴秀峰. 饲料加工工艺及投喂率对鲤鱼生长性能及表观消化率的影响[J]. 饲料工业, 2011, 32(8): 16-20.
LUO Lin, XUE Min, WU Xiufeng. Effects of feed processing technology and feeding rate on growth performance aapparent digestibility of *Cyprinus carpio*[J]. Feed Industry, 2011, 32(8): 16-20.
- [45] 段国庆, 江河, 胡王, 等. 投喂水平对黄鳍幼鱼生长的影响[J]. 广东农业科学, 2015, 42(7): 105-109.
DUAN Guoqing, JIANG He, HU Wang, et al. Effects of feeding level on growth performance of *Monopterus albus* larvae[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2015, 42(7): 105-109.
- [46] 卫育良, 王建学, 徐后国, 等. 红鳍东方鲀幼鱼适宜投喂频率和投喂水平的研究[J]. 动物营养学报, 2021: 33(3): 1756-1765.
WEI Yuliang, WANG Jianxue, XU Houguo, et al. Study on optimum feeding frequency and feeding level of juvenile *Takifugu rubripes*[J]. Chinese Journal of Animal Nutrition, 2021: 33(3): 1756-1765.

Effects of feeding strategies on the growth of *Selenotoca multifasciata*

LI Qi^{1, 2}, LIU Jian-yi^{1, 2, 3}, SUN Yan-qiu^{1, 2}, ZOU Xiong^{1, 2}, WANG Yu^{1, 2},
ZHUANG Ping^{1, 2, 3}, FENG Guang-peng^{1, 2, 3}, ZHAO Feng^{1, 2},
HUANG Xiao-rong^{1, 2}, YANG Jun^{1, 2}

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China; 2. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. Key Scientific Observing and Experimental Station of Fisheries Resource and Environment in the Yangtze Estuary and East China Sea, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 200090, China)

Received: Apr. 21, 2021

Key words: *Selenotoca multifasciata*; feeding strategies; growth; feed utilization

Abstract: This study was to examine the effects of feeding strategies on the growth of *Selenotoca multifasciata*. Fish with an initial wet weight of 1.19 ± 0.35 g were selected for a 60-day experiment. 1) Four groups were established: F1 (feeding once at 8: 00), F2 (feeding twice at 8: 00 and 20: 00), F3 (feeding three times at 8: 00, 14: 00, and 20: 00), and F4 (feeding four times at 8: 00, 12: 00, 16: 00, and 20: 00). A total of 80 experimental fish were randomly allocated to each group, and 2 parallel to each other. The growth and feed utilization of *Selenotoca multifasciata* were observed, and the results showed that the final wet weight, weight gain rate, specific growth rate, feeding rate, and condition factor of each group increased first and then decreased with an increase in feeding frequency. There was no significant difference between F2 and F3 and between F1 and F4 ($P > 0.05$ for both). The survival rate of F4 was significantly higher than that of the other groups ($P < 0.05$), and the weight gain rate of F1 was significantly lower than that of the other groups ($P < 0.05$). The highest specific growth rate of F2 was significantly different from that of F1 and F4 ($P < 0.05$), and the lowest specific growth rate of F1 was significantly different from that of the other groups ($P < 0.05$). The four feeding frequencies had no significant effect on the feed rate, condition factor, feed conversion ratio, and protein efficiency rate ($P > 0.05$). 2) Similarly, to observe the effect of feeding level, five groups were established: T0 (control group, fed twice a day), T1 (fed 2% of the fish wet weight per day), T2 (fed 4% of the fish wet weight per day), T3 (fed 6% of the fish wet weight per day), and T4 (fed 8% of fish weight per day). A total of 80 experimental fish were randomly allocated to each group. Each group consisted of two parallel channels. The final wet weight, weight gain rate, specific growth rate, feed rate, and condition factor increased with an increase in feeding level, and there were significant differences in the final wet weight, weight gain rate, and specific growth rate among T1, T2, T3 and T4 ($P < 0.05$). There was no significant difference in final wet weight, weight gain rate, and specific growth rate between T4 and T0 ($P > 0.05$). There was also no significant difference in survival rate among the experimental groups. In contrast, there was a significant difference in feeding rate between T0, T3, and T4 and the other two groups ($P < 0.05$), but there was no significant difference among T0, T3, and T4 ($P > 0.05$). There were significant differences in the feed conversion ratio and protein efficiency rate between T1 and the other groups ($P < 0.05$) but no significant differences among the other groups ($P > 0.05$). Considering the above indexes and culture cost, the optimal feeding frequency was twice per day. The feeding level was in the range of 6% to 8%, which has the potential to improve the economic and ecological benefits.

(本文编辑: 康亦兼)